

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ВОЛЬФРАМОКОБАЛЬТОВЫХ ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ С НАНОЧАСТИЦАМИ МОНОКАРБИДА ВОЛЬФРАМА

Терентьев Д. С.

Новосибирский государственный технический университет,
г. Новосибирск,

Terentiev240485@mail.ru

Исследовано взаимодействие наночастиц монокарбида вольфрама между собой и с компонентами порошковых смесей на различных этапах формирования вольфрамокобальтовых твердых сплавов. Установлено, что введение наночастиц монокарбида вольфрама в порошковую смесь ВК15 в количестве от 1 до 5 % от массы сплава, снижает температуру жидкофазного спекания и обеспечивает формирование мелкозернистой структуры. Уменьшение размера зерна упрочняющей фазы позволяет повысить микротвердость сплавов от 11 до 18 %, предел прочности на сжатие от 7 до 18 %, предел прочности на изгиб от 20 до 37 %.

В последние десятилетия в научно-технической литературе появились сведения об использовании наночастиц монокарбида вольфрама при производстве твердых сплавов. К сожалению, литературные данные, посвященные данному направлению исследований достаточно противоречивы. Во многих работах имеется информация о положительном влиянии наночастиц упрочняющей фазы на свойства твердых сплавов. В тоже время ограничены сведения о количестве наночастиц вводимых в порошковые смеси и их влиянии на процесс формирования, структуру и свойства твердых сплавов. Исследование особенностей взаимодействия наночастиц монокарбида вольфрама между собой и с порошковыми смесями в процессе формирования твердых сплавов является актуальным, как с позиции получения новых знаний, так и с позиции их практического применения при производстве твердосплавных изделий.

Стандартная технология изготовления изделий из вольфрамокобальтовых твердых сплавов предусматривает следующие этапы: получение исходных порошков монокарбида вольфрама и кобальта, приготовление порошковых смесей, формирование порошковых компактов и спекание твердых сплавов.

Формирование твердых сплавов осуществлялось из порошковой смеси ВК15 производства ОАО Кировоградский завод твердых сплавов. Для изготовления твердых сплавов использовались наночастицы монокарбида вольфрама, полученные плазмохимическим методом и газовой карбидизацией [1]. Приготовление твердосплавных смесей с наночастицами монокарбида вольфрама осуществлялось в среде этилового спирта на планетарной мельнице Fritsch pulverisette 6. Наилучшая однородность смесей

была достигнута после 6 часов перемешивания с частотой вращения 300 об/мин. Компактирование порошковых смесей осуществлялось одноосным прессованием. Наибольшая прочность порошковых компактов была достигнута при давлении 500 МПа и скорости 10 мм/мин. Наличие наночастиц монокарбида вольфрама в составе порошковых смесей способствует получению компактов с более высокой плотностью. Жидкофазное спекание порошковых компактов, содержащих наночастицы монокарбида вольфрама, проводили при температуре 1370 °С и изотермической выдержке 30 минут.

По данным рентгенофазового анализа *in-situ* введение наночастиц монокарбида вольфрама в порошковые смеси способствует снижению температур протекания физико-химических процессов при спекании. Об этом свидетельствует снижение температуры образования химического соединения $\text{Co}_3\text{W}_3\text{C}$ на 200 °С по сравнению с порошковой смесью, не содержащей наночастиц. Это означает, что температура жидкофазного спекания при введении наночастиц монокарбида вольфрама также может снизиться.

Наличие наночастиц монокарбида вольфрама в порошковых смесях приводит к существенному изменению процесса спекания. Уже при температуре 1100 °С, которая ниже температуры жидкофазного спекания, происходит спекание частиц. Для выяснения причины такого снижения температуры было исследовано взаимодействие наночастиц монокарбида вольфрама между собой. По результатам термического анализа выявлено, что наночастицы становятся термически нестабильными в диапазоне температур от 1000 до 1050 °С. Это подтверждается данными рентгенофазового анализа наночастиц. В температурном диапазоне от 800 до 1200 °С происходит выделение вольфрама из наночастиц. Наночастицы при нагреве до температуры 1100 °С увеличиваются в размерах, образуя более крупные частицы [2, 3].

Проведенные исследования дают основание предполагать, что для достижения максимального эффекта от модифицирования вольфрамокобальтовых твердых сплавов, наночастицы монокарбида вольфрама должны быть равномерно распределены в порошковых смесях и по возможности изолированы друг от друга для снижения вероятности образования крупных агрегатов при спекании.

Введение наночастиц монокарбида вольфрама в твердосплавные смеси в количестве от 1 до 5 % от массы сплава и уменьшение температуры спекания, приводит к значительному измельчению структуры сплава. Средний размер зерна монокарбида вольфрама в модифицированном твердом сплаве составил 2 мкм, при минимальном размере зерен 300 нм.

Оценка механических свойств твердых сплавов, спеченных с добавкой наночастиц монокарбида вольфрама, показала повышение твердости до 18 % и прочности при изгибе до 37 %.

Более мелкая структура твердого сплава и повышенная твердость, предполагают улучшение его триботехнических свойств. Триботехнические испытания твердых сплавов в условиях трения о закрепленные частицы абразива показали, что введение наночастиц монокрибида вольфрама в количестве 5 % от массы сплава позволяет повысить износостойкость на 30 %.

Высокие значения прочности и износостойкости позволяют использовать вольфрамокобальтовые твердые сплавы, спеченные с добавками наночастиц монокрибида вольфрама, в качестве инструмента для обработки металлов давлением и быстроизнашивающихся деталей измерительного инструмента.

Выводы

1. Введение наночастиц монокрибида вольфрама в порошковые смеси позволяет повысить показатели прочностных и эксплуатационных характеристик вольфрамокобальтовых твердых сплавов при условии использования наночастиц с химическим составом, соответствующим стехиометрическому.

2. Добавление наночастиц монокрибида вольфрама в порошковую смесь ВК15 в количестве от 1 до 5 % от массы сплава, снижает температуру жидкофазного спекания и обеспечивает формирование мелкозернистой структуры, что позволяет повысить микротвердость от 11 до 18 %, предел прочности при сжатии от 7 до 18 %, предел прочности при изгибе от 20 до 37 %. Повышение прочностных характеристик позволяет повысить износостойкость твердых сплавов до 30 %.

3. В процессе жидкофазного спекания порошковых смесей, содержащих наночастицы монокрибида вольфрама, происходит их полное растворение при температурах от 800 до 1100 °С, что свидетельствует о невозможности их сохранения в спеченном твердом сплаве.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Технология получения нанопорошка карбида вольфрама / Д. С. Терентьев, В. А. Батаев, Д. С. Никулина, А. А. Разумаков // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). – 2011. – № 2. – С. 60–63.

2. Анализ тепловых эффектов, протекающих в вольфрамокобальтовых порошковых смесях при нагреве до температур жидкофазного спекания / Д. С. Терентьев, В. Г. Буров, А. А. Разумаков, Е. Д. Головин // Ползуновский вестник. – 2012. – № 3. – С. 89–92.

3. Поведение наноразмерных частиц карбида вольфрама при высокотемпературном нагреве / В. Г. Буров, Д. С. Терентьев, А. А. Дробяз, И. А. Батаев // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). – 2012. – № 1. – С. 107–109.